



DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM UNTUK OPTIMALISASI PELAYANAN AIR BERSIH WILAYAH PELAYANAN LUAR KOTA KECAMATAN SUKOHARJO KABUPATEN SUKOHARJO

Diniah Surga Utami^{*)}, Wiharyanto Oktiawan^{**)}, Irawan Wisnu Wardana^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email: diniah.surga@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan air bersih masyarakat Kabupaten Sukoharjo, khususnya Kecamatan Sukoharjo, meningkat seiring dengan tingkat pertumbuhan penduduk. Untuk optimalisasi pelayanan air bersih wilayah pelayanan, perlu desain instalasi pengolahan air minum yang sesuai. Berdasarkan proyeksi kebutuhan air dengan kriteria kota sedang, diperoleh hasil bahwa kebutuhan air pada tahun 2028 adalah sebesar 80 l/detik sedangkan kapasitas saat ini yang hanya sebesar 36 l/detik. Oleh karena itu optimalisasi tiap unit pengolahan sangat diperlukan. Debit rencana IPA I 20 l/detik, IPA II 10 l/detik dan IPA III 50 l/detik. Optimalisasi yang dilakukan adalah menghilangkan plate settler bak prasedimentasi, penambahan nozzle pada unit filtrasi tiap IPA, penggantian plate settler menjadi tube settler pada proses sedimentasi IPA II, optimalisasi pada saluran transmisi air baku, pembuatan bak lumpur untuk mengolah lumpur sisa hasil produksi, membangun atap untuk IPA I dan II. Total rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan optimalisasi ini adalah sebesar Rp 1.166.610.000,00 dimana pembangunan akan dilakukan secara bertahap.

Kata Kunci : Instalasi Pengolahan Air, Desain Instalasi, Pengolahan Air Baku

Abstract

[Design of Drinking Water Treatment Plant For The Optimization of Water Services Outside The Service Area of Subdistrict Capital of Sukoharjo Regencies of Sukoharjo]
Clean water needs of the people in district sukoharjo, especially sub district sukoharjo, was increases with the rate of population growth. To optimize the clean water service in its service area, need to design appropriate water treatment plant. Based on projections of water demand with the middle city criteria, the result that the water demand in 2028 is equal to 80 l/s while the present capacity of only 36 l/sec, therefore the optimization of each processing unit is needed. Discharge plan Water Treatment Plant I 20 l / sec, WTP II 10 l/sec and WTP III 50 l/sec. Optimalization will be done are eliminating the plate settlers in the basin sedimentation, adding nozzle in filtration units each WTP, replacement plate settler into a tube settler in the process of sedimentation WTP II, optimization of the transmission line of raw water, the manufacture of sludge drying bed for treating sludge remainder of production, build roof for WTP I and II. The total planned budget necessary for the implementation of this optimization is Rp 1,166,610,000.00 where its construction will be done in stages.

Keyword: Water Treatment Plant, Installation Design, Raw Water Treatment

LATAR BELAKANG

Pesatnya pertumbuhan ekonomi dan industri serta pertambahan jumlah penduduk mendorong terjadinya peningkatan aktivitas masyarakat, sehingga berakibat semakin besar keinginan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan dasarnya yaitu air bersih. Kebutuhan akan air bersih merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting bagi berbagai lapisan masyarakat, karena segala aktivitas masyarakat di berbagai aspek kehidupan manapun memerlukan air bersih.

Kebutuhan air bersih masyarakat Kabupaten Sukoharjo, khususnya Kecamatan Sukoharjo, meningkat seiring dengan tingkat pertumbuhan penduduk. Saat ini kebutuhan air di Kabupaten Sukoharjo dilayani oleh PDAM Tirta Makmur, sedangkan secara khusus wilayah Kecamatan Sukoharjo air bersih berasal dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) Toriyo. Pelayanan IPA Toriyo sendiri dibagi menjadi 2, yaitu dalam Kota Kecamatan Sukoharjo dan luar Kota Kecamatan Sukoharjo. Wilayah pelayanan tersebut yaitu dalam kota (Sukoharjo kota, Joho, Begajah, Bulakrejo, Gayam, Jetis) dan luar kota (Bulakan, Kriwen, Mandan, Kenep, Dukuh, Banmati, Combongan, Sonorejo, dan Telukan) (DED SPAM WOSUSOKAS, 2012).

Saat ini kuantitas air baku dari salah satu sumber pada IPA Toriyo yang menyuplay air baku untuk IPA yang melayani daerah pelayanan dalam kota mulai mengalami fluktuasi debit bahkan hingga tidak dapat menyuplay air baku. Tidak optimalnya proses produksi juga menjadi masalah dalam pelayanan terhadap pelanggan. Belum lagi tingkat kebocoran air yang tinggi sampai tahun 2013 sebesar 30,01% yang dapat menimbulkan kerugian terhadap PDAM pada khususnya. Kerusakan di beberapa komponen unit produksi maupun distribusi juga mempengaruhi keoptimalan IPA Toriyo dalam

memberikan pelayanan kepada pelanggan.

Dalam rangka menunjang program Millenium Development Goals (MDGs) 2015, pelayanan air minum kota sebesar 75%. Berdasarkan rencana pengembangan jaringan tahun 2013-2017 akan menambah Sambungan Rumah (SR) sebanyak 3670 SR di luar Kota Kecamatan Sukoharjo yaitu untuk wilayah Sonorejo, Bulakan, Dukuh, Combongan, Kriwen, Mandan, Kenep dan Telukan. Saat ini pelayanan luar Kota Kecamatan Sukoharjo dilayani oleh Instalasi Pengolahan Air (IPA) III Toriyo dengan kapasitas produksi maksimum dari IPA III saat ini hanya sebesar 22 L/detik.

TINJAUAN PUSTAKA

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologi, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Sebelum air baku mengalami proses pengolahan air dikumpulkan dalam suatu bangunan yang disebut *intake* yang berfungsi untuk menangkap air baku dari sumber sebelum masuk ke instalasi pengolahan. Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan terjunan dan dalam pipa. Pengadukan dengan terjunan pembubuhan dilakukan sesaat sebelum air diterjunkan dengan demikian air yang terjun sudah mengandung koagulan atau zat kimia yang siap untuk diaduk. Pengadukan dilakukan setelah air terjun dengan energi (daya) pengadukan sama dengan tinggi terjunan. Tinggi terjunan untuk suatu pengadukan adalah tipikal untuk semua debit, sehingga debit tidak perlu dimasukkan dalam perhitungan. Flokulasi dilakukan setelah proses koagulasi, bertujuan untuk mendukung proses tumbukan partikel-partikel kecil

sehingga akan diperoleh partikel yang lebih besar yang memiliki kemampuan untuk mengendap. Pengendapan dimaksudkan untuk menciptakan suatu kondisi sedemikian rupa sehingga bahan-bahan yang tadinya terapung dalam air dapat diendapkan. Partikel yang mempunyai berat jenis yang lebih besar daripada berat jenis air akan dapat mengendap secara gravitasi. Filtrasi adalah proses penyaringan partikel secara fisik, kimia, dan biologi untuk memisahkan atau menyaring partikel yang tidak terendapkan di sedimentasi melalui media berpori. Selama proses filtrasi, zat-zat pengotor dalam media penyaring akan menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pori-pori media, sehingga kehilangan tekanan akan meningkat.

METODOLOGI PERANCANGAN

Analisis Kondisi Eksisting

1. Analisis terhadap air baku
2. Analisis terhadap pelayanan eksisting

Analisis Perencanaan

1. Analisis terhadap data kependudukan
2. Menghitung kebutuhan air
3. Menghitung kebutuhan air domestik
4. Menghitung kebutuhan air pada hari puncak
5. Menganalisis alternatif pengolahan apa yang sesuai
6. Melakukan identifikasi kesesuaian alternatif pengolahan yang diperlukan dengan kondisi pengolahan eksisting.
7. Melakukan analisis menggunakan debit rencana untuk mengetahui optimal tidaknya instalasi pengolahan eksisting apabila digunakan pada debit rencana. Menganalisis biaya produksi yang harus dikeluarkan apabila pengolahan dilakukan pada debit rencana.

Redesain

1. Perancangan IPA baru berdasarkan analisis data yang telah diperoleh
2. Evaluasi masalah apa saja yang ada pada kondisi eksisting.
3. Mengetahui masalah yang ada kemudian membuat solusi untuk masalah tersebut. Menentukan desain dari perencanaan
4. Menghitung rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk melaksanakan perencanaan tersebut
- 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit air maksimum yang tersedia dari Saluran Sekunder Colo Timur RS V adalah sebesar 31,59 m³/detik atau 31590 l/detik. Debit tersebut memungkinkan apabila akan dilakukan penambahan kapasitas pada unit pengolahan air dengan catatan tidak dalam kondisi bulan kering. Sedangkan debit air maksimum yang tersedia dari Waduk mulur 4 m³/detik atau sebesar 4000 l/detik. Debit tersebut juga memungkinkan apabila akan dilakukan penambahan kapasitas pada unit IPA. Parameter yang masih melebihi baku mutu air sebagai air baku air minum parameter kekeruhan, BOD, COD, khrom dan Nitrit air baku dari Saluran Sekunder Colo Timur RS V dan parameter BOD air baku dari Waduk Mulur. Dari hasil proyeksi diperoleh pada tahun 2028 IPA Toriyo diharapkan mampu mengolah air sebesar 80 l/detik sedangkan kapasitas produksi maksimum eksisting saat ini pada kondisi normal sebesar 36 l/detik. Oleh karena itu debit rencana untuk IPA Toriyo adalah sebesar 80 l/detik. Debit tersebut akan dibagi pada 3 unit instalasi pengolahan air yang ada pada IPA Toriyo. Alternatif pembagian debit pengolahan pada masing-masing IPA dapat diketahui dari kemampuan masing-masing IPA pada setiap kenaikan debit rencana.



Tabel 1. Evaluasi Unit Pengambilan Air Baku (Intake) Dan Pipa Transmisi Pada Setiap Debit Rencana Optimalisasi

| Intake | | | | | | | Keterangan |
|---|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Debit (Q) (m ³ /detik) | Screen | | | | | Transmisi | |
| | Tebal Kisi (w) (cm) | Jarak antar kisi (b) (cm) | Kemiringan kisi (θ) (°) | Kecepatan aliran (v) (m/detik) | Headloss kisi (H _L) (cm) | Kecepatan aliran (v) (m/detik) | |
| Kriteria desain | 1,25-2 | 5-7,5 | 60 | < 0,6 | 7,5-15 | 0,3-6 | |
| | 2-5 | 5-15 | 30-75 | 0,4-0,8 | ≤15 | | |
| | 1,25-3,8 | 2,5-7,5 | 30-45 | 0,3-0,6 | | | |
| | 5-15 | 2,5-5 | | | | | |
| IPA I dan II (Saluran Sekunder Colo Timur RS V) | | | | | | | |
| 0,020 | 2 | 5 | 90 | 0,033 | 4,04 x 10 ⁻⁰³ | 0,283 | Kemiringan kisi belum memenuhi kriteria desain Kecepatan aliran pipa transmisi belum memenuhi kriteria desain |
| 0,025 | 2 | 5 | 90 | 0,042 | 6,31 x 10 ⁻⁰³ | 0,354 | Kemiringan kisi belum memenuhi kriteria desain |
| 0,030 | 2 | 5 | 90 | 0,050 | 9,09 x 10 ⁻⁰³ | 0,425 | Kemiringan kisi belum memenuhi kriteria desain |
| 0,035 | 2 | 5 | 90 | 0,058 | 1,24 x 10 ⁻⁰² | 0,495 | Kemiringan kisi belum memenuhi kriteria desain |
| 0,040 | 2 | 5 | 90 | 0,067 | 1,62 x 10 ⁻⁰² | 0,566 | Kemiringan kisi belum memenuhi kriteria desain |
| 0,045 | 2 | 5 | 90 | 0,075 | 2,04 x 10 ⁻⁰² | 0,637 | Kemiringan kisi belum memenuhi kriteria desain |
| 0,050 | 2 | 5 | 90 | 0,083 | 2,52 x 10 ⁻⁰² | 0,708 | Kemiringan kisi belum memenuhi kriteria desain |
| IPA III (Waduk Mulur) | | | | | | | |
| 0,03 | Diameter Pipa (mm) | | | | | | |
| | 100 | | | | | 3,822 | |
| | 250 | | | | | 0,611 | |
| | 300 | | | | | 0,425 | |
| 0,05 | Diameter Pipa (mm) | | | | | | |
| | 100 | | | | | 6,369 | Kecepatan aliran pada pipa tekan 100 mm melebihi kriteria desain |
| | 250 | | | | | 1,019 | |
| | 300 | | | | | 0,708 | |
| 0,08 | Diameter Pipa (mm) | | | | | | |
| | 100 | | | | | 10,191 | Kecepatan aliran pada pipa tekan 100 mm melebihi kriteria desain |
| | 250 | | | | | 1,631 | |
| | 300 | | | | | 1,132 | |

Sumber : Analisa Pribadi, 2015



Tabel 2. Evaluasi Unit Prasedimentasi dan Koagulasi IPA I dan II Pada Setiap Debit Rencana Optimalisasi

| Prasedimentasi | | | | | | | | |
|-------------------------|---|----------------------|--------------------|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| Debit (Q) | Kedalaman air efektif (H _a) | Beban permukaan (So) | Waktu detensi (td) | Kecepatan pengendapan (v _s) | Kecepatan aliran (v _i) | Bilangan Reynold (N _{Re}) | Bilangan Froude (N _{Fr}) | Keterangan |
| (m ³ /detik) | (m) | (m/jam) | (jam) | (m/detik) | (m/detik) | (m) | (m/jam) | |
| Kriteria desain | 3,5-5 | 2-12 | 1-3 | 0,3-1,7 | < 0,3 | < 2000 | > 10 ⁻⁵ | |
| 0,020 | 4,5 | 1,333 | 3,375 | 0,010408 | 0,000428 | 47,903 | 1,93E-07 | Kriteria Beban permukaan, waktu detensi, kecepatan pengendapan dan N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,025 | 4,5 | 1,667 | 2,700 | 0,010408 | 0,000535 | 59,879 | 3,01E-07 | Kriteria Beban permukaan, kecepatan pengendapan dan N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,030 | 4,5 | 2,000 | 2,250 | 0,010408 | 0,000642 | 71,855 | 4,34E-07 | Kriteria Beban permukaan, kecepatan pengendapan dan N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,035 | 4,5 | 2,333 | 1,929 | 0,010408 | 0,000748 | 83,831 | 5,90E-07 | Kriteria kecepatan pengendapan dan N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,040 | 4,5 | 2,667 | 1,688 | 0,010408 | 0,000855 | 95,806 | 7,71E-07 | Kriteria kecepatan pengendapan dan N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,045 | 4,5 | 3,000 | 1,500 | 0,010408 | 0,000962 | 107,782 | 9,75E-07 | Kriteria kecepatan pengendapan dan N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,050 | 4,5 | 3,333 | 1,350 | 0,010408 | 0,001069 | 119,758 | 1,20E-06 | Kriteria kecepatan pengendapan dan N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| Koagulasi | | | | | | | | |
| Debit (Q) | Waktu detensi (td) | Gradien (G) | G x td | Bilangan Reynold (N _{RE}) | Keterangan | | | |
| (m ³ /detik) | (detik) | (/detik) | | | | | | |
| Kriteria desain | 10-30 | 300 | 300-1600 | > 10000 | | | | |
| | 30-60 | 700-1000 | 2000-30000 | | | | | |
| | 20-60 | 20-1000 | | | | | | |
| | 20-40 | | | | | | | |
| IPA I dan IPA II | | | | | | | | |
| 0,020 | 350,0 | 180,112 | 63039,3 | 2572,0 | Kriteria waktu detensi, gradien, G x td dan N _{RE} tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| 0,025 | 280,0 | 201,372 | 56384,1 | 3215,0 | Kriteria waktu detensi, G x td dan N _{RE} tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| 0,030 | 233,3 | 220,592 | 51471,4 | 3858,0 | Kriteria waktu detensi, G x td dan N _{RE} tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| 0,035 | 200,0 | 238,266 | 47653,3 | 4501,0 | Kriteria waktu detensi, G x td dan N _{RE} tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| 0,040 | 175,0 | 254,717 | 44575,5 | 5144,0 | Kriteria waktu detensi, G x td dan N _{RE} tidak memenuhi kriteria desain | | | |



| | | | | | |
|-------|-------|---------|---------|--------|---|
| 0,045 | 155,6 | 270,169 | 42026,2 | 5787,0 | Kriteria waktu detensi, $G \times td$ dan N_{RE} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,050 | 140,0 | 284,783 | 39869,6 | 6430,0 | Kriteria waktu detensi, $G \times td$ dan N_{RE} tidak memenuhi kriteria desain |

Sumber : Analisa Pribadi, 2015

Tabel 3. Evaluasi unit pada IPA I pada setiap debit rencana optimalisasi (10 l/detik, 15 l/detik, 20 l/detik dan 25 l/detik)

| Flokulasi | | | | | | |
|-----------------|-----------|--------------------|--------|-------------|----------------------------------|--|
| Debit (Q) | | Waktu detensi (td) | | Gradien (G) | G x td | Keterangan |
| (m³/detik) | | (menit) | | (/detik) | | |
| Kriteria desain | | 10-20 | | 10-100 | 10 ⁴ -10 ⁵ | |
| 0,010 | Tahap I | 6,215 | 24,505 | 121,832 | 45428,241 | Kriteria waktu detensi tidak memenuhi kriteria desain |
| | Tahap II | 6,149 | | 98,503 | 36342,593 | Nilai G pada bak I tidak memenuhi kriteria desain |
| | Tahap III | 6,097 | | 99,348 | 36342,593 | |
| | Tahap IV | 6,045 | | 75,156 | 27256,944 | |
| 0,015 | Tahap I | 4,143 | 16,337 | 182,749 | 45428,241 | Nilai G pada bak I, II, III, IV tidak memenuhi kriteria desain |
| | Tahap II | 4,099 | | 147,754 | 36342,593 | |
| | Tahap III | 4,065 | | 149,022 | 36342,593 | |
| | Tahap IV | 4,030 | | 112,734 | 27256,944 | |
| 0,020 | Tahap I | 3,107 | 12,246 | 243,665 | 45428,241 | Nilai G pada bak I, II, III, IV tidak memenuhi kriteria desain |
| | Tahap II | 3,075 | | 197,006 | 36342,593 | |
| | Tahap III | 3,042 | | 199,124 | 36342,593 | |
| | Tahap IV | 3,009 | | 150,313 | 27256,944 | |
| 0,025 | Tahap I | 2,486 | 9,802 | 304,581 | 45428,241 | Kriteria waktu detensi tidak memenuhi kriteria desain |
| | Tahap II | 2,460 | | 246,257 | 36342,593 | Nilai G pada bak I, II, III, IV tidak memenuhi kriteria desain |
| | Tahap III | 2,439 | | 248,371 | 36342,593 | |
| | Tahap IV | 2,418 | | 187,891 | 27256,944 | |

| Sedimentasi | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|---|-------------------------------------|------------------------------------|--|
| Debit (Q) | Kemiringan tube/plate settler | Kedalaman bak (H) | Beban permukaan (So) | Waktu detensi (td) | Kecepatan pada tube/plate settler (v) | Bilangan Reynold (N _{Re}) | Bilangan Froude (N _{Fr}) | Keterangan |
| (m³/detik) | (°) | (m) | (m/jam) | jam | (m/min) | | | |
| Kriteria desain | 60-90 | 2-5 / 3-6 | 2,5-6,25 | < 2 | Max 0,15 | < 500 | > 10 ⁻⁵ | |
| 0,010 | 60 | 5 | 1,905 | 2,363 | 0,037 | 8,839 | 3,04 x 10 ⁻⁶ | Kriteria beban permukaan, waktu detensi dan N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,015 | 60 | 5 | 2,857 | 1,575 | 0,055 | 13,259 | 6,85 x 10 ⁻⁶ | Kriteria N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,020 | 60 | 5 | 3,810 | 1,181 | 0,073 | 17,679 | 1,22 x 10 ⁻⁵ | |



| 0,025 | 60 | 5 | 4,762 | 0,945 | 0,092 | 22,098 | $1,9 \times 10^{-5}$ | |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------|---|--------|----------------------|--|
| Filtrasi | | | | | | | | |
| Debit (Q) | Kecepatan filtrasi (v_f) | Kecepatan backwash (v_{bw}) | Tebal lapisan pasir (L_p) | Diameter pasir (D_p) | Keterangan | | | |
| (m ³ /detik) | (m/jam) | (m/jam) | (cm) | (mm) | | | | |
| Kriteria desain | 7-10 | 18-25 | 60-80 / 30-60 | 0,4-0,8 | | | | |
| 0,010 | 4,8 | 25 | 60 | 0,8 | Kriteria kecepatan filtrasi tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| 0,015 | 4,8 | 36 | 60 | 0,8 | Kriteria kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| 0,020 | 9,6 | 57 | 60 | 0,8 | Kriteria kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| 0,025 | 12,0 | 72 | 60 | 0,8 | Kriteria kecepatan filtrasi dan kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | | |

Sumber : Analisa Pribadi, 2015

Tabel 4. Evaluasi unit pada IPA II pada setiap debit rencana optimalisasi (10 l/detik, 15 l/detik, 20 l/detik dan 25 l/detik)

| Flokulasi | | | | | | | | |
|-----------------|---|--------------------|----------------------|--------------------|---|-------------------------------------|------------------------------------|------------|
| Debit (Q) | | Waktu detensi (td) | Gradien (G) | G x td | Keterangan | | | |
| (m³/detik) | | (menit) | (/detik) | | | | | |
| Kriteria desain | | 20-100 | 10-100 | 10⁴-10⁵ | | | | |
| 0,010 | Tahap I | 48,050 | 76,572 | 220758,304 | Nilai G x td tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| | Tahap II | | 54,145 | 156099,693 | | | | |
| | Tahap III | | 47,050 | 137973,940 | | | | |
| 0,015 | Tahap I | 32,033 | 140,673 | 270372,600 | Kriteria gradien pada tahap I tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| | Tahap II | | 99,470 | 191182,299 | Nilai G x td tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| | Tahap III | | 87,920 | 168982,875 | | | | |
| 0,020 | Tahap I | 24,025 | 216,580 | 312199,387 | Kriteria gradien dan nilai G x td tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| | Tahap II | | 153,145 | 220758,304 | | | | |
| | Tahap III | | 135,362 | 195124,617 | | | | |
| 0,025 | Tahap I | 19,220 | 302,679 | 349049,526 | Kriteria waktu detensi, gradien dan nilai G x td tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| | Tahap II | | 214,026 | 246815,287 | | | | |
| | Tahap III | | 189,174 | 218155,954 | | | | |
| | | | | | | | | |
| Sedimentasi | | | | | | | | |
| Debit (Q) | Kemiringan <i>tube/plate settler</i> | Kedalaman bak (H) | Beban permukaan (So) | Waktu detensi (td) | Kecepatan pada <i>tube/plate settler</i> (v) | Bilangan Reynold (N _{Re}) | Bilangan Froude (N _{Fr}) | Keterangan |



| (m ³ /detik) | (°) | (m) | (m/jam) | jam | (m/min) | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|---|-------------------------|---|
| Kriteria desain | 60-90 | 2-5 / 3-6 | 2,5-6,25 | < 2 | Max 0,15 | < 500 | > 10 ⁻⁵ | |
| 0,010 | 60 | 3,5 | 2,277 | 1,318 | 0,044 | 79,412 | 5,79 x 10 ⁻⁷ | Kriteria beban permukaan dan N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,015 | 60 | 3,5 | 3,416 | 0,878 | 0,066 | 119,117 | 1,30 x 10 ⁻⁶ | Kriteria N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,020 | 60 | 3,5 | 4,554 | 0,659 | 0,088 | 158,823 | 2,32 x 10 ⁻⁶ | Kriteria N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,025 | 60 | 3,5 | 5,693 | 0,527 | 0,110 | 198,529 | 3,62 x 10 ⁻⁶ | Kriteria N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| Filtrasi | | | | | | | | |
| Debit (Q) | Kecepatan filtrasi (v _f) | Kecepatan backwash (v _{bw}) | Tebal lapisan pasir (L _p) | Diameter pasir (D _p) | Tebal lapisan kerikil (L _k) | Keterangan | | |
| (m ³ /detik) | (m/jam) | (m/jam) | (cm) | (mm) | (cm) | | | |
| Kriteria desain | 7-10 | 18-25 | 60-80 / 30-60 | 0,4-0,8 | 20-50 | | | |
| 0,010 | 6,40 | 38,571 | 60 | 0,8 | 20 | Kriteria kecepatan filtrasi dan kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | |
| 0,015 | 9,60 | 57,857 | 60 | 0,8 | 20 | Kriteria kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | |
| 0,020 | 12,86 | 77,143 | 60 | 0,8 | 20 | Kriteria kecepatan filtrasi dan kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | |
| 0,025 | 16,07 | 96,429 | 60 | 0,8 | 20 | Kriteria kecepatan filtrasi dan kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | |

Sumber : Analisa Pribadi, 2015

Tabel 5. Evaluasi unit pada IPA III pada setiap debit rencana optimalisasi (30 l/detik, 50 l/detik, dan 85 l/detik)

| Koagulasi | | | | | |
|-------------------------|--------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|---|
| Debit (Q) | Waktu detensi (td) | Gradien (G) | G x td | Bilangan Reynold (N _{RE}) | Keterangan |
| (m ³ /detik) | (detik) | (/detik) | | | |
| Kriteria desain | 10-30 | 300 | 300-1600 | > 10000 | |
| | 30-60 | 700-1000 | 2000-30000 | | |
| | 20-60 | 20-1000 | | | |
| | 20-40 | | | | |
| 0,03 | 50 | 476,533 | 23826,631 | 11574,074 | |
| 0,05 | 30 | 615,201 | 18456,029 | 19290,123 | Nilai G x td tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,08 | 12,5 | 953,065 | 11913,315 | 30864,198 | Nilai G x td tidak memenuhi kriteria desain |
| Flokulasi | | | | | |
| Debit (Q) | Waktu detensi (td) | Gradien (G) | G x td | Keterangan | |
| (m ³ /detik) | (menit) | (/detik) | | | |
| Kriteria | 10-20 | 10-100 | 10 ⁴ -10 ⁵ | | |



Tersedia online di: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan>
Jurnal Teknik Lingkungan, Vol 5, No 1 (2016)

| desain | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---------------------------------------|--|-------------------------------------|---|---|---------------------------------------|---|
| 0,03 | Tahap I | 4,06 | 15,728 | 372,956 | 90856,481 | Nilai G pada bak I, II, III, IV tidak memenuhi kriteria desain | | |
| | Tahap II | 3,975 | | 380,977 | 90856,481 | | | |
| | Tahap III | 3,889 | | 389,350 | 90856,481 | | | |
| | Tahap IV | 3,804 | | 398,099 | 90856,481 | | | |
| 0,05 | Tahap I | 2,603 | 10,103 | 621,594 | 90856,481 | Kriteria waktu detensi tidak memenuhi kriteria desain Nilai G pada bak I, II, III, IV tidak memenuhi kriteria desain | | |
| | Tahap II | 2,551 | | 634,961 | 90856,481 | | | |
| | Tahap III | 2,500 | | 648,916 | 90856,481 | | | |
| | Tahap IV | 2,449 | | 663,499 | 90856,481 | | | |
| 0,08 | Tahap I | 1,523 | 5,898 | 994,550 | 90856,481 | Kriteria waktu detensi tidak memenuhi kriteria desain Nilai G pada bak I, II, III, IV tidak memenuhi kriteria desain | | |
| | Tahap II | 1,491 | | 1015,938 | 90856,481 | | | |
| | Tahap III | 1,458 | | 1038,266 | 90856,481 | | | |
| | Tahap IV | 1,426 | | 1061,598 | 90856,481 | | | |
| Sedimentasi | | | | | | | | |
| Debit (Q) | Kemiringan <i>tube/plate settler</i> | Kedalaman bak (H) | Beban permukaan (So) | Waktu detensi (td) | Kecepatan pada <i>tube/plate settler</i> (v) | Bilangan Reynold (N _{Re}) | Bilangan Froude (N _{Fr}) | |
| (m ³ /detik) | (°) | (m) | (m/jam) | jam | (m/min) | | | |
| Kriteria desain | 60-90 | 2-5 / 3-6 | 2,5-6,25 | < 2 | Max 0,15 | < 500 | > 10 ⁻⁵ | |
| 0,03 | 60 | 5,6 | 2,805 | 1,569 | 0,054 | 13,018 | 6,60 x 10 ⁻⁶ | Nilai N _{FR} tidak memenuhi kriteria desain |
| 0,05 | 60 | 5,6 | 4,675 | 0,941 | 0,090 | 21,696 | 1,83 x 10 ⁻⁵ | |
| 0,08 | 60 | 5,6 | 7,481 | 0,682 | 0,144 | 34,714 | 4,70 x 10 ⁻⁵ | Kriteria beban permukaan tidak memenuhi kriteria desain |
| Filtrasi | | | | | | | | |
| Debit (Q) | Kecepatan filtrasi (v _f) | Kecepatan backwash (v _{bw}) | Tebal lapisan pasir (L _p) | Diameter pasir (D _p) | Keterangan | | | |
| (m ³ /detik) | (m/jam) | (m/jam) | (cm) | (mm) | | | | |
| Kriteria desain | 7-10 | 18-25 | 60-80 / 30-60 | 0,4-0,8 | | | | |
| 0,03 | 5,143 | 32,757 | 60 | 0,8 | Kriteria kecepatan filtrasi dan kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| 0,05 | 8,571 | 54,595 | 60 | 0,8 | Kriteria kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | | |
| 0,08 | 13,714 | 87,352 | 60 | 0,8 | Kriteria kecepatan filtrasi dan kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain | | | |

Sumber : Analisa Pribadi, 2015

Hal pertama yang direncanakan adalah penambahan pipa untuk mensuplay IPA I dan II. Pada sambungan akan dipasang pipa dengan diameter 300 mm. Detail gambar masing-masing sambungan dapat dilihat pada lampiran. Kecepatan aliran dalam pipa dapat diketahui :

$$\begin{aligned}Q_A &= Q_1 + Q_2 \\0,08 \text{ m}^3/\text{detik} &= 0,050 \text{ m}^3/\text{detik} \\&+ A \cdot v \\0,03 \text{ m}^3/\text{detik} &= \frac{\pi(0,3)^2}{4} \times v \\v &= 0,425 \text{ m}/\text{detik}\end{aligned}$$

Debit pompa tahap I adalah 30 l/detik, kemudian tahap kedua ditambah 1 pompa lagi dengan kapasitas 50 l/detik. Menambah unit penampung lumpur. Dari hasil perhitungan (lampiran perhitungan bak penampung lumpur), diperoleh dimensi bak penampung lumpur adalah kedalaman = 1,25 m, panjang (L) = 4 m, lebar (B) = 2 m, akan dibangun 2 bak penampung lumpur. Lokasi bak akan di letakkan di sebelah selatan laboratorium.

Pada sambungan akan dipasang pipa dengan diameter 300 mm. Detail gambar masing-masing sambungan dapat dilihat pada lampiran. Kecepatan aliran dalam pipa dapat diketahui :

$$\begin{aligned}Q_A &= Q_1 + Q_2 \\0,08 \text{ m}^3/\text{detik} &= 0,050 \text{ m}^3/\text{detik} \\&+ A \cdot v \\0,03 \text{ m}^3/\text{detik} &= \frac{\pi(0,3)^2}{4} \times v \\v &= 0,425 \text{ m}/\text{detik}\end{aligned}$$

Debit pompa tahap I adalah 30 l/detik, kemudian tahap kedua ditambah 1 pompa lagi dengan kapasitas 50 l/detik. Menambah unit penampung lumpur. Dari hasil perhitungan (lampiran perhitungan bak penampung lumpur), diperoleh dimensi bak penampung lumpur adalah kedalaman = 1,25 m, panjang (L) = 4 m, lebar (B) = 2 m, akan dibangun 2 bak penampung lumpur. Lokasi bak akan di letakkan di sebelah selatan laboratorium.

Dibangun pula atap untuk IPA I dan II menggunakan atap seng, desain rencana

dapat dilihat pada gambar terlampir. Merubah unit prasedimentasi dengan memodifikasi jarak antar plate menjadi 10 cm dan sudut kemiringan plate 10° pada saat debit ditingkatkan menjadi 30 l/detik. Pada jarak plate 10 cm dan kemiringan plate 10°, diperoleh bilangan froude yang sesuai dengan kriteria desain. Walaupun begitu keberadaan plate settler tidak dibutuhkan pada unit prasedimentasi, oleh karena itu plate settler akan dihilangkan. Untuk itu akan direncanakan ulang bak prasedimentasi tanpa menggunakan plate settler menggunakan bak yang telah ada. Dari hasil perhitungan penambahan sekat sebanyak 237 buah, penambahan sekat sebanyak itu tentunya akan menyulitkan sehingga akan digunakan bak eksisting, karena nilai N_{Re} memenuhi kriteria desain begitu pula dengan waktu detensi serta $V_s > V_o$. Dengan kata lain tidak dilakukan modifikasi atau redesain pada bak prasedimentasi, karena sulit dalam penyesuaian desain dilapangan. Dari hasil perhitungan nilai $N_{Re} >$ dari 10000 yang berarti aliran dalam pipa tersebut adalah turbulen, sehingga dapat dikatakan ada pengadukan dalam pipa dan tidak dilakukan redesain pada bak koagulasi.

Unit flokulasi IPA I dirubah diameternya dari 1 m menjadi 1,2 m pada debit rencana 20 l/detik serta merubah diameter wallpipe menjadi 150 mm sehingga kecepatan putar pada bak flokulasi menjadi 18,03 rpm. Dari hasil perhitungan trial diperoleh bahwa pada bak flokulasi dengan diameter 1,2 m semua kriteria desain terpenuhi. Namun dimensi dari bak flokulasi tidak akan dirubah karena walaupun nilai dari $G \times t_d$ pada bak terakhir tidak memenuhi kecepatan potar setiap kompartemen masih memenuhi, yaitu < 20 rpm. Sehingga flokulasi masih bisa bekerja secara optimal. Nilai N_{Re} juga telah memenuhi kriteria desain $10^3 - 10^4$. Pada debit rencana 20 l/detik = 0,02 m³/detik, unit sedimentasi masih memenuhi kriteria desain, sehingga tidak

perlu dilakukan redesain pada unit sedimentasi IPA I. Untuk unit filtrasi, kecepatan backwash tidak memenuhi kriteria desain. Filtrasi pada IPA I ini menggunakan nozzel sebagai penyangganya, tetapi perlu di redesain agar kecepatan backwash dapat terpenuhi kriteria desainnya. Untuk mensiasati masih besarnya kecepatan backwash yang akan berdampak pada tingginya ekspansi yang dikhawatirkan akan memungkinkan terbawanya media filter saat backwash, akan dilakukan modifikasi pada nozzel. Nozzle pada unit filtrasi IPA I ditambah dari 20 buah menjadi 64 buah dengan jarak antar pusat nozzle 10 cm.

Modifikasi plate berlubang pada unit flokulasi IPA II dengan merubah diameter dan jumlah lubang orifice plat zona I dengan diameter 3 cm sebanyak 2567 buah, zona II dengan diameter 4 cm sebanyak 1874 buah serta zona III dengan diameter 4 cm sebanyak 1425 buah, dimana masing-masing zona memiliki jarak antar plate 1 m, 0,5 m dan 0,75 m. Pada unit sedimentasi IPA II, kriteria beban permukaan tidak memenuhi kriteria desain. Karena alternatif desain yang bisa dilakukan adalah dengan memperkecil dimensi makan tidak akan dilakukan perubahan pada dimensi bak. Hanya kan dilakukan modifikasi pada plate settler dengan merubah plate settler menjadi tube settler. Desain yang akan digunakan adalah sudut kemiringan tube settler 30° , panjang pipa tube settler 2 m, jumlah tube settler 2754 buah dan diameter tube yang digunakan 0,05 m. Dari hasil perhitungan diperoleh sudut kemiringan 30° dengan jumlah tube settler 2754 buah dan panjang 2 m. Namun karena sudut kemiringan tidak sesuai dengan kriteria desain 60° - 90° , maka diambil kemiringan sebesar 60° dan tidak ada perubahan pada dimensi bak sedimentasi. Sehingga tube settler akan di pasang dengan kemiringan 60° dengan panjang masing tube 1,2 m dan

jumlah 5100 buah. Pada unit filtrasi IPA II jumlah nozzle di tambah dari 18 buah menjadi 36 buah dengan jarak antar pusat nozzle 20 cm pada sisi lebar dan 10 cm pada sisi panjang.

Unit koagulasi IPA III diubah tinggi terjunannya dari 1 m menjadi 1,2 m. Diameter bak flokulasi dirubah dimensi baknya dari berdiameter 1,4 m enjadi 1,6 m dengan diameter wallpipe 200 mm. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa semua kriteria desain pada debit rencana dapat terpenuhi pada bak dengan diameter 1,6 m dan diameter wallpipe 200 mm. Namun dimensi dari bak flokulasi tidak akan dirubah karena walaupun nilai dari $G \times t_d$ pada bak terakhir tidak memenuhi, kecepatan putar setiap kompartemen masih memenuhi, yaitu < 20 rpm. Sehingga flokulasi masih bisa bekerja secara optimal. Nilai N_{RE} juga telah memenuhi kriteria desain $10^3 - 10^4$. Jumlah nozzle pada unit filtrasi ditambah dari 70 buah menjadi 81 buah dengan jarak antar pusat nozzle 15 cm pada sisi lebar dan 25 cm pada sisi panjang.

Total rencana anggaran biaya redesain IPA Toriyo untuk optimalisasi pelayanan air bersih pada luar Kota Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Sukoharjo adalah Rp 1.166.610.000,00.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Kondisi eksisting IPA Toriyo sebagian besar masih dalam kondisi baik, namun pada kondisi kering produksi 2 dari 3 IPA yang ada terhenti karena suplay air baku total terhenti. Serta beberapa bangunan penunjang masih belum tersedia di IPA Toriyo.
2. Kapasitas yang dibutuhkan agar dapat memenuhi kebutuhan air terutama untuk wilayah pelayanan Luar Kota Kecamatan Sukoharjo adalah 80 l/detik.
3. Total rencana anggaran biaya redesain IPA Toriyo untuk optimalisasi

pelayanan air bersih pada luar Kota Kecamatan Sukoharjo, Kabupaten Sukoharjo adalah Rp 1,166.610.000,00.

SARAN

Dalam proses pengoperasian IPA disesuaikan dengan standart operasional yang berlaku begitu pula dengan pemeliharaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Layla et. Al. 1980. *Water Supply Engineering Design*. Ann Arbor Science Publisher, Inc.
- Anonim. 2001. *Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001*.
- Anonim. 2007. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007*.
- Anonim. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/Menkes/Per/IV/2010*.
- American Water Works Association. 2011. *Water Quality&Treatment, A Handbook Drinking Water, Sixth Edition*. Mc Graw Hill Company. New York.
- American Water Works Association and American Society of Civil Engineers, 2005. *Water Treatment Plant Design Fourth Edition*. Mc Graw Hill Company. New York.
- Darmasetiawan, Martin. 2001. *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*. Bandung: Yayasan Suryono.
- Darmasetiawan, Martin. 2004. *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*. Bandung: Yayasan Suryono.
- Degremont. 1991. *Water Treatment Handbook Vol 1*. Lavoiser Publishing. Paris.
- Degremont. 1991. *Water Treatment Handbook Vol 2*. Lavoiser Publishing. Paris.
- Dr.Ir. Bambang Triadmodjo. 1996. *Hidraulika I*. Beta Offset. Yogyakarta
- Droste, Ronald L. 1997. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley & Sons, Inc : Canada.
- Efendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Bandung
- Joko, Tri. 2010. *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kawamura, Susumu. 1991. *Integrated Design of Water Treatment Facilities*. John Wiley & Sons. New York.
- Lin, Shundar. 2001. *Water and Wastewater Calculations Manual*. Mc Graw Hill Book Company : USA.
- Linsley, Ray K and Joseph B.Franzini diterjemahkan oleh Sasongko.Djoko.1995.*Teknik Sumber Daya Air*. Penerbit Erlangga
- Metcalf and Eddy. *Wastewater Engineering Collection and Pumping of Wastewater*. 1981. Mc Graw Hill Company. New York.
- Montgomery, James M., Consulting Engineers, Inc. 1985. *Water Treatment Principles and Design*. John Wiley & Sons, Inc : Canada.
- Peavy, H.S., D.R. Rowe, G. Tchobanoglous. 1985. *Environmental Engineering*. Singapore. Mc Graw-Hill, Inc.
- Reynolds, T.D. 1982. *Unit Operations In Enviromental Engineering*. Texas A & M Univercity; B/C Engineering Division Boston, Massacusetts.
- Sutrisno, Totok dkk. 2004. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Syed R,Qasim.1985. *Waste Water Treatment Plants Planning, Design, And Operation*. Texas : University of Texas at Arlington.